

MONITORING ELECTRONICS FOR STEAM ENGINES MODELS

David Benda

Secondary School of Technical and Technical College (2), SPŠ a VOŠT Sokolská 1, Brno

E-mail: bendadavid@seznam.cz

Supervised by: Dušan Benda

E-mail: xbenda10@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: The aim of the project was to design and implement a rotary position sensor for sensing rotational speed of steam engines using integrated circuits from the company Austria Micro Systems. Further, a temperature sensing boilers for heating water vapor using temperature sensors from the company Texas Instruments. All information from the sensors are processed in the ATmega16 microcontroller from the company Atmel. The output data are displayed on a display composed of seven segmented blocks.

Keywords: ATmega16, rotary position sensor, LM35

1. ÚVOD

Před rokem jsem se začal věnovat návrhu a výrobě parních motorů o různých koncepcích. Bohužel jsem nebyl schopen při testování mnou vyrobených motorů monitorovat rychlost otáčení jejich hřídelí. Začal jsem tedy navrhovat snímač, který je za pomoci magnetického enkodéru schopen měřit pozici natočení hřídele a následně přes měřený čas dopočítat úhlovou rychlost. Zařízení je rovněž určeno i k měření teploty kotle, v němž se ohřívána voda mění v páru. Pro snímání teploty bylo vybráno teplotní čidlo LM35 od společnosti Texas Instruments [2].

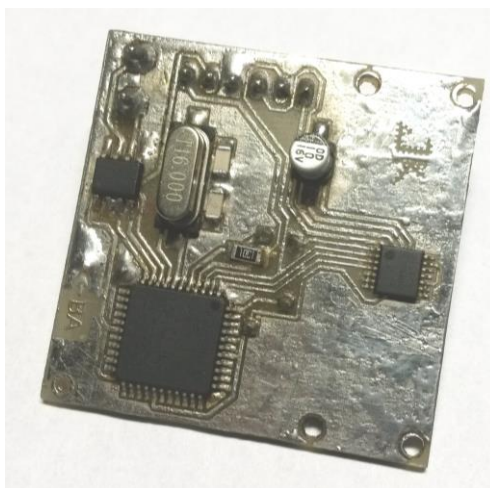
2. KONCEPCE OTÁČKOMĚRU

Měřit otáčky lze hned několika různými způsoby. Jako první pro danou aplikaci připadal v úvahu kodér pracující na stejném principu, na jakém pracují poziční systémy u starých kuličkových počítačových myší, tedy optickém. Funkce je následující: přes kotouč s n otvory je prosvětlován paprsek emitovaný z infra červené diody a snímán foto-tranzistorem. V dané aplikaci by však daná koncepce nevyhovovala z důvodu přímého spojení enkódovacího kolečka s hřídelí parního stroje, což by značně omezilo demontáž celého zařízení. Dále bylo uvažováno využití kapacitního snímače, který by se spínal a rozpínal v závislosti na aktuálním natočení enkódovacího kolečka s n zuby. Celkové provedení by však bylo cenově i časově náročné, takže bylo od tohoto konceptu upuštěno. Modely parních strojů jsou navíc zkonstruovány z kovových materiálů, což by měření otáček pomocí kapacitního snímače značně ovlivňovalo – musel by se vytvořit mezikus nejlépe z plastového materiálu. Pro měření otáček byl nakonec zvolen čtrnáctibitový magnetický enkodér AS5048A od firmy Austria Micro Systems [3], který je schopen pracovat s rozlišením 16384 hodnot. Navíc jeho použití neznemožňuje demontáž zařízení, protože k hřídeli parního stroje je připojen pouze magnet. Měřicí deska, na níž je osazen magnetický enkodér AS5048A, je přišroubována pomocí dvou šroubů M4 k základové desce spolu s parním strojem, takže demontáž měřicí desky je opravdu rychlá a jednoduchá. Jediným problémem bylo uložení samotného magnetu na hřídel parního stroje. Pro magnet byl vysoustružen mezikus ze silonu, který lze jednoduše a přesně nasadit na jakoukoliv hřídel mnou vyrobeného parního stroje. Napájecí napětí magnetického enkodéru AS5048A je stejné jako napájecí napětí zbytku elektroniky, tj. 5 V. Výstup enkodéru je připojen na mikrokontrolér

ATmega16 [1], který provádí přepočítání nasnímaných aktuálních hodnot pozic přes měřený čas na úhlovou rychlost, z níž jsou následovně odvozeny otáčky hřídele připojeného parního stroje.

3. KONCEPCE ŘÍDÍCÍ ELEKTRONIKY A SENZORU TEPLoty

Pro řízení celého zařízení byl zvolen mikrokontrolér ATmega16 od firmy Atmel taktovaný pomocí externího krystalu na frekvenci 16 MHz. Mikrokontrolér je osazen na stejné desce jako magnetický enkodér AS5048A, což výrazně snižuje hardwarovou náročnost celé aplikace, viz Obrázek č.1. Výstup magnetického enkodéru je připojen k SPI sběrnici mikrokontroléru. Dalším prvkem připojeným k ATmega16 je teplotní senzor LM35 (připojený na A/D vstup). Tento teplotní senzor je schopen měřit teplotu v rozsahu od $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ s přesností $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, což pro danou aplikaci zcela dostačuje. Mikrokontrolér prostřednictvím interního 10 bitového A/D převodníku měří výstup teplotního senzoru LM35 a v programu přepočítává pomocí konstanty měřené napětí na teplotu ve stupních Celsia. Informace o počtu otáček hřídele parního motoru a teplotě parního kotle jsou pro přehlednost zobrazovány na pětimístném sedmi-segmentovém displeji. Byla zvažována i varianta s LCD displejem, ale ta nakonec byla zavrhnuta z důvodu malé přehlednosti zobrazovaných dat (červené sedmi-segmentové displeje jsou vysoké 20 mm). Pomocí jednoho tlačítka lze měnit aktuálně zobrazenou informaci, buďto počet otáček hřídele za minutu, nebo teplotu parního kotle. Blokové zapojení celého zařízení je vyobrazeno na Obrázku č.2.

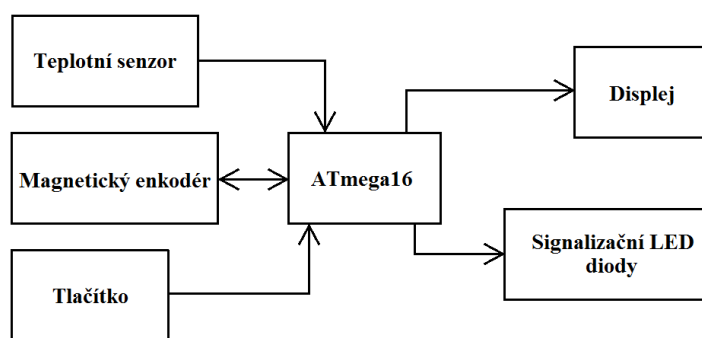


Obrázek 1: Osazená deska řídicí elektroniky mikrokontrolérem ATmega16 a magnetickým enkodérem AS5048A

4. SOFTWARE

Veškeré programové vybavení je napsáno ve vývojovém prostředí Atmel Studio 6.2 dodávaném firmou Atmel. Program běžící v mikrokontroléru ATmega16 vykonává po připojení napájení 5 V neustále stejnou sekvenci stavů. Nejprve se provede inicializace, pokud není detekován magnetický enkodér, tak dojde k chybovému stavu, který je na sedmi-segmentovém displeji znázorněn nápis „ERROR“. Pokud dojde k jeho detekci, tak se na displeji objeví „00000“ a program pokračuje. Tato ochrana byla využita při vývoji, když jednotlivé komponenty byly zapojeny v nepájivém kontaktním poli a zvyšovalo se riziko vzniku chyby takového charakteru. S integrací součástek na jedinou desku ztrácí tato funkce svůj význam. Samotné získání hodnot z magnetického enkodéru funguje následovně. V dostatečně krátkých intervalech, které jsou generované interním časovačem mikrokontroléru, dochází k posílání požadavku na získání hodnot aktuální natočení prostřednictvím sběrnice SPI do enkodéru. Po přenosu dat dojde k jejich zpracování. Vstupní data se porovnávají s minulým údajem, z čehož se získá rozdíl natočení minulé a aktuální hodnoty. Prostřednictvím známých časových intervalů je tento rozdíl přepočítán na úhlovou rychlost a následně na otáčky za minutu. Zobrazovaná hodnota je průměr z deseti měření z důvodu eliminace chyb vzniklých napří-

klad přeslechy. Po prvním spuštění je tedy nejprve nutné provést deset měření - po spuštění je displej inicializován na hodnotu „00000“. Data z teplotního čidla jsou získávána prostřednictvím interního A/D převodníku mikrokontroléru ATmega16. Perioda měření teploty je nastavena pomocí časovače na desetinu sekundy. Rovněž i zde je využito průměrování, konkrétně z pěti hodnot. A/D převodník je v tomto případě daleko náchylnější na přeslechy než magnetický enkodér kvůli indukovaní parazitních napětí na přívodní vodiče. Teplotní senzor totiž není připojen přímo na desce s mikrokontrolérem, ale je připevněn na parní kotel ve vzdálenosti 35 cm od mikrokontroléru. Teplota navíc není skokově měnící se veličina, takže je v programu integrována funkce, která hlídá rozdíly mezi minulou a aktuální měřenou hodnotou, a pokud se tyto hodnoty výrazně liší, tak poslední měřenou hodnotu ignoruje a čeká na další. Tato funkce razantně odstranila odchylky vzniklé chybným měřením. Měřené hodnoty jsou zobrazovány na displeji složeném z pěti sedmi-segmentových displejů. Displej je řízen multiplexně, tedy postupně se rozsvěcují jednotlivé segmenty takovou rychlostí, aby lidskému oku vlivem setrvačnosti připadal zobrazovaný údaj statický. Pomocí jednoho tlačítka je možné přepínat, buď zobrazování otáček hřídele za minutu, nebo aktuální teplotu parního kotle. Jednotlivé stavy jsou signalizovány pomocí dvojice LED diod.



Obrázek 2: Blokové schéma zařízení

5. ZÁVĚR

První verze zařízení byla po dokončení úspěšně otestována. Velkou část vývoje celého zařízení zabralo samotné seznámení s magnetickým enkodérem AS5048A a implementace zpracovávacího algoritmu pro mikrokontrolér ATmega16, ale nevznikl žádný nevyřešitelný problém. Aktuálně je zařízení využito u mého posledního modelu parního stroje, kde slouží k testování jeho parametrů, konkrétně otáček, při proměnných zátěžích hřídele. Do budoucna plánuji rozšířit počet měřitelných veličin, například o tlak vodní páry a množství vody v kotli.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat své rodině za materiální i duševní podporu při tvorbě této práce.

REFERENCE

- [1] ATMEL CORPORATION. Datasheet ATmega16 [online]. 2010. Dokument dostupný na: <http://www.atmel.com/pt/br/Images/doc2466.pdf>. [cit. 2. 1. 2015].
- [2] TEXAS INSTRUMENTS. Datasheet LM35 [online]. 2015. Dokument dostupný na: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>. [cit. 2. 1. 2015].
- [3] AUSTRIA MICRO SYSTEMS. Datasheet AS5048A [online]. 2014. Dokument dostupný na: http://ams.com/jpn/content/download/438523/1341157/file/AS5048_Datasheet.pdf. [cit. 2. 1. 2015].